Hakim Sabzevari University

Journal of Sport in Biomotor Sciences

Homepage:http://sbs.hsu.ac.ir

P- ISSN: 2228-723X
E- ISSN: 3041-959X

Iranian Medicinal Plants Association

Sport and Biomotor Sciences ورزش و علوم زیست حرکتی

Comparison of the effect of eight weeks of aerobic training (continuous and intermittent) combined with ginger consumption on the expression of antioxidant genes in the heart tissue of rats with myocardial infarction

Mohammad Amir Talebi[1], *Sedigheh Hosseinpour Delavar**[2], *Mehran Ghahramani*[3]

1. Ph. D Student, Department of Exercise Physiology, Ker.C., Islamic Azad University, Kermanshah,Iran.
2. Associate professor, Department of Exercise Physiology, Ker.C., Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.
3. Associate professor, Department of Exercise Physiology, Ker.C., Islamic Azad University, Kermanshah, Iran.

Article Information

Article type: Research Article
Vol: 18
No: 36
P: 1-13

Article history:
Received: 2026-04-02
Revised: 2026-10-05
Accepted: 2026-10-01

Cite this Article:

Talebi, Mohammad Amir, Hosseinpour Delavar, Sedigheh, Ghahramani, Mehran. Comparison of the effect of eight weeks of aerobic training (continuous and intermittent) combined with ginger consumption on the expression of antioxidant genes in the heart tissue of rats with myocardial infarction . *Journal of Sport and Biomotor Sciences*. 2026; 18(36): 1-13.

Publisher: Hakim Sabzevari University

Authors retain the copyright and full publishing rights.

10.22034/sbs.2026.578765.1165

Abstract

Introduction and Purpose: Myocardial infarction remains a major concern in global health and imposes a substantial burden on healthcare systems and the economy. The aim of this study was to compare the effects of eight weeks of aerobic exercise (continuous and intermittent) in combination with ginger consumption on the expression of antioxidant genes in the cardiac tissue of rats with myocardial infarction.

Materials and Methods: 48 male Wistar rats were randomly divided into six groups: intermittent-training group, continuous-training group, ginger supplement group, intermittent-training + ginger supplement, continuous-training + ginger supplement, and control. The aerobic exercise protocol (continuous and interval) was implemented for eight weeks. Ginger extract was administered intraperitoneally at a dose of 20 mg per kg body weight daily to the ginger-supplement groups. The activities of superoxide dismutase (SOD), malondialdehyde (MDA), catalase (CAT), and glutathione peroxidase (GPx) were measured 24 hours after the end of the last training session and the recovery period. Data were analyzed at a significance level of $p < 0.05$ using one-way ANOVA.

Results: The results showed a significant difference in the mean expression/levels of SOD, MDA, CAT, and GPx between the intermittent training + ginger supplement group and the groups: intermittent training, continuous training, ginger supplement, and continuous training + ginger supplement. ($P \leq 0.05$).

Conclusion: These findings indicate that the pattern of exercise intensity and the presence of an exogenous antioxidant source (ginger) interact to optimize myocardial redox adaptation after infarction.

Keywords: Intermittent training, Continuous training, Myocardial infarction, Ginger, Antioxidant genes

Extended Abstract

1. Introduction and Purpose

Myocardial infarction (MI) represents a significant global health challenge, imposing a substantial burden on patients, families, and healthcare systems. Impaired coronary blood flow and subsequent oxygen deficiency lead to myocardial injury, oxidative stress, inflammation, and maladaptive tissue remodeling. Exercise is recognized as an effective non-pharmacological intervention in cardiac rehabilitation; evidence suggests that both continuous and interval aerobic exercises can mitigate cardiovascular complications arising from ischemia and infarction. However, the heart's molecular and antioxidant responses may vary depending on the exercise intensity pattern. Ginger and its bioactive compounds, such as gingerols and shogaols, possess antioxidant, anti-inflammatory, and cardioprotective properties. They exert these effects by scavenging free radicals, reducing lipid peroxidation, and enhancing the activity of antioxidant enzymes in the myocardium. Despite evidence regarding the individual effects of exercise and ginger, data concerning the combined impact of continuous and interval aerobic exercises alongside ginger supplementation on the expression of cardiac antioxidant genes in MI models remain limited. Therefore, the objective of this study was to compare the effects of eight weeks of continuous versus interval aerobic exercise, combined with ginger supplementation, on the expression of antioxidant genes in the cardiac tissue of myocardial infarction-induced rats.

2. Materials and Methods

This experimental study utilized an animal model, with all procedures approved by the Ethics Committee of Islah University (IR.IAU.M.REC.1404.601). Forty-eight male Wistar rats, obtained from the Pasteur Institute, were housed in the animal facility at Kerman University of Medical Sciences. Following a 7-day acclimation period, the animals were randomly assigned to six groups: Interval Exercise, Continuous Exercise, Ginger Supplement, Interval + Ginger, Continuous + Ginger, and Control. Myocardial infarction (MI) was induced by two intraperitoneal injections of isoprenaline (150 mg/kg in normal saline) administered at 24-hour intervals, confirmed by electrocardiogram (ECG). Rats in the exercise groups underwent a three-session familiarization period on a treadmill, running at 20 m/min for 10–15 minutes. The 8-week interval aerobic exercise protocol was performed three times per week at an intensity of 80–85% of maximum speed. Each session consisted of 2 minutes of activity followed by 1 minute of active rest, with the number of intervals increasing from 6 to 12 over the study period. The continuous aerobic exercise protocol was also performed three times per week, at an intensity of 50–55% of maximum capacity, starting at 25 minutes in the first week and increasing to 50 minutes by the final week. The total workload was equated between the two exercise groups. Ginger extract was prepared using 96% ethanol via the Soxhlet method and administered intraperitoneally at a daily dose of 20 mg/kg to the supplemented groups.

Twenty-four hours after the final exercise and supplementation session, rats were anesthetized with ketamine (90 mg/kg) and xylazine (10 mg/kg). Cardiac tissue was harvested, stored at -70°C, and homogenized. The supernatant was used to measure MDA, GPx, SOD, and CAT activities. MDA activity was measured via the Thiobarbituric Acid (TBA) reaction at 532 nm. GPx, SOD, and CAT activities were measured using redox kits and a microplate reader at 340 nm, 550 nm, and 240 nm, respectively. Data analysis was performed using SPSS v.23 and Excel 2016. The Shapiro-Wilk test was used to assess normality, followed by one-way ANOVA and Bonferroni post-hoc tests, with statistical significance set at $p < 0.05$.

3. Results

Significant differences were observed among the groups in the mean values of SOD, MDA, CAT, and GPx ($p \leq 0.05$). The mean SOD values for the Control, Interval, Continuous, Ginger, Interval+Ginger, and Continuous+Ginger groups were 4.162 ± 0.381, 6.850 ± 0.552, 5.937 ± 0.892, 4.812 ± 0.569, 8.127 ± 0.631, and 7.037 ± 0.630, respectively ($F=44.484, p=0.001$). While the Ginger group showed no significant difference compared to the Control ($p=0.671$), the Interval, Continuous, Interval+Ginger, and Continuous+Ginger groups exhibited significant increases in SOD ($p=0.001$). The Interval+Ginger group displayed the highest SOD levels, significantly outperforming all other exercise and supplementation groups ($p \leq 0.05$). The mean MDA values were 12.46 ± 0.967 (Control), 8.212 ± 0.681 (Interval), 9.612 ± 0.795 (Continuous), 10.77 ± 1.146 (Ginger), 6.087 ± 0.591 (Interval+Ginger), and 7.512 ± 0.689 (Continuous+Ginger) ($F=61.559, p=0.001$). All exercise and supplementation groups showed a significant reduction in MDA compared to the Control ($p \leq 0.05$). The lowest MDA levels were recorded in the Interval+Ginger group, which was significantly lower than the Continuous+Ginger group ($p=0.021$). The mean CAT values were 30.12 ± 2.850 (Control), 48 ± 5.182 (Interval), 42.25 ± 4.773 (Continuous), 33.87 ± 4.223 (Ginger), 55.75 ± 5.147 (Interval+Ginger), and 50.37 ± 4.627 (Continuous+Ginger) ($F=38.131, p=0.001$). The Interval, Continuous, Interval+Ginger, and Continuous+Ginger groups showed significant increases in CAT compared to the Control

(p=0.001). The Interval+Ginger group had the highest CAT activity, significantly exceeding the Interval (p=0.021), Continuous (p=0.001), and Ginger (p=0.001) groups. However, no significant difference was observed when compared to the Continuous+Ginger group (p=0.337). The mean GPx values were 2.825 ± 0.406 (Control), 4.525 ± 0.996 (Interval), 3.937 ± 0.611 (Continuous), 3.075 ± 0.622 (Ginger), 5.275 ± 0.716 (Interval+Ginger), and 4.637 ± 0.985 (Continuous+Ginger) (F=12.785,p=0.001). Significant increases in GPx were observed in the Interval, Interval+Ginger, and Continuous+Ginger groups compared to the Control (p=0.001), while the Continuous and Ginger groups showed no significant difference. The Interval+Ginger group recorded the highest GPx activity, significantly higher than the Ginger group (p=0.001), but not significantly different from the Interval and Continuous+Ginger groups. Overall, the combination of exercise and ginger supplementation resulted in the highest levels of SOD, CAT, and GPx, and the lowest levels of MDA.

4. Conclusions

Both continuous and interval exercises, alone and particularly when combined with ginger, significantly increased SOD, CAT, and GPx levels while decreasing MDA in the myocardium of MI-induced rats. The combination of exercise and ginger, especially interval exercise with ginger supplementation, yielded the most substantial improvement in myocardial antioxidant capacity. These findings are consistent with previous evidence regarding exercise-induced antioxidant enzyme upregulation and the cardioprotective effects of ginger, supporting the concept of redox hormesis. This suggests that controlled exercise-induced oxidative stress, when coupled with exogenous antioxidants, can enhance cardiac resilience following MI. The interaction between exercise intensity patterns and exogenous antioxidant sources appears to modulate myocardial redox adaptation. Translation to humans requires further studies to evaluate dosage, safety, and feasibility.

5. Acknowledgement & Funding

The authors would like to thank all colleagues who assisted in this study. This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

6. Ethical Consideration

This study was conducted in accordance with ethical standards and was approved by the Ethics Committee of Islamic Azad University, Marvdasht Branch (Code: IR.IAU.M.REC.1404.601).

7. Contribution of authors

All authors have actively participated in the study and in writing the article.

8. Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ورزش و علوم زیست حرکتی

دانشگاه حکیم سبزواری

ورزش و علوم زیست حرکتی Sport and Biomotor Sciences

انجمن کایکان دارویی ایران

مقایسه اثر هشت هفته تمرینات هوازی (تداومی و تناوبی) همراه با مصرف زنجبیل بر بیان ژن‌های آنتی اکسیدانی در بافت قلب موش‌های صحرایی مبتلا به آنفارکتوس میوکارد

محمد امیر طالبی [۱]، صدیقه حسین پور دلاور [۲]، مهران قهرمانی [۳]*

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.
۲. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.
۳. دانشیار گروه فیزیولوژی ورزشی، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

* نشانی نویسنده مسئول: delavar2009@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی
دوره: ۱۸
شماره: ۳۶
صفحه: ۱-۱۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۰

نحوه ارجاع به این مقاله:
امیرطالبی، محمد، حسین‌پور دلاور، صدیقه، قهرمانی، مهران. مقایسه اثر هشت هفته تمرینات هوازی (تداومی و تناوبی) همراه با مصرف زنجبیل بر بیان ژن های آنتی اکسیدانی در بافت قلب موش‌های صحرایی دارای آنفارکتوس میوکارد. نشریه ورزش و علوم زیست حرکتی. ۱۴۰۵؛ ۱۸(۳۶): ۱-۱۳.

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری

© نویسنده(گان).

10.22034/sbs.2026.578765.1165

چکیده

مقدمه و هدف: انفارکتوس میوکارد همچنان یک نگرانی مهم در حوزه سلامت جهانی است و بار قابل توجهی را بر سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی و اقتصاد وارد می‌کند. هدف تحقیق حاضر مقایسه اثر هشت هفته تمرینات هوازی (تداومی و تناوبی) همراه با مصرف زنجبیل بر بیان ژن‌های آنتی اکسیدانی در بافت قلب موش‌های صحرایی دارای آنفارکتوس میوکارد بود.

مواد و روش‌ها: تعداد ۴۸ رأس موش صحرایی نژاد ویستار به صورت تصادفی به شش گروه تقسیم شدند: گروه تمرین تناوبی، گروه تمرین تداومی، گروه مکمل زنجبیل، گروه تمرین تناوبی + مکمل زنجبیل، گروه تمرین تداومی + مکمل زنجبیل و گروه کنترل. پروتکل تمرینات هوازی (تداومی و تناوبی) به مدت هشت هفته اجرا شد. عصاره زنجبیل به صورت داخل صفاقی با دوز ۲۰ میلی‌گرم به نسبت کیلوگرم وزن بدن، هر روز به گروه‌های مکمل زنجبیل تزریق شد. فعالیت سوپراکسیداز دیسموتاز، مالون‌دی‌آلدئید، کاتالاز و گلوتاتیون ۲۴ ساعت بعد از پایان آخرین جلسه تمرین و ریکاوری اندازه‌گیری شد. داده‌های تحقیق در سطح معنی‌داری کمتر از ۵٪ و با روش تحلیل واریانس یکراهه مورد بررسی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج تحقیق اختلاف معنی‌داری در میانگین بیان SOD، MDA، CAT و GPX بین گروه تمرین تناوبی + مصرف مکمل زنجبیل با گروه‌های تمرین تناوبی، تمرین تداومی، مکمل زنجبیل و تمرین تداومی + مکمل زنجبیل نشان داد ($P\leq0.05$).

نتیجه‌گیری: این یافته‌ها نشان می‌دهند که الگوی شدت ورزش و وجود یک منبع آنتی‌اکسیدانی برون‌زا (زنجبیل) برای بهینه‌سازی سازگاری ردوکس میوکارد پس از انفارکتوس تعامل دارند.

واژه‌های کلیدی: تمرین تناوبی، تمرین تداومی، انفارکتوس میوکارد، زنجبیل، ژن‌های آنتی اکسیدانی

مقدمه

انفارکتوس میوکارد (MI)[1] که معمولاً به عنوان حمله قلبی شناخته می‌شود، مربوط به تشکیل پلاک‌هایی در دیواره داخلی شریان است که جریان خون به قلب را مسدود یا کاهش می‌دهد و به دلیل کمبود اکسیژن به عضلات قلب آسیب می‌رساند (۱). MI همچنان یک نگرانی مهم در حوزه سلامت جهانی است و بار قابل توجهی را بر افراد، خانواده‌ها، سیستم‌های مراقبت‌های بهداشتی و اقتصاد وارد می‌کند. به عنوان یکی از علل اصلی مرگ و میر و عوارض در سراسر جهان، MI نیازمند پیشرفت‌های مداوم در مدیریت آن است تا نتایج بیمار بهبود یابد و کیفیت زندگی افراد مبتلا افزایش یابد (۲).

تمرین ورزشی یک مداخله مؤثر برای بهبود عملکرد قلب در بیماران مبتلا به MI است (۳). بر اساس شواهد تجربی، تمرینات هوازی به عنوان یک مداخله غیر دارویی مهم، می‌توانند بخشی از عوارض قلبی–عروقی ناشی از ایسکمی و انفارکتوس را تعدیل کنند (۷-۴). مطالعات انجام‌شده بر روی مدل‌های حیوانی نشان داده‌اند که تمرینات تداومی و تناوبی هوازی با بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کاهش شاخص‌های التهابی و تعدیل بیان برخی ژن‌های دخیل در تنظیم مرگ سلولی و فیبروز قلبی همراه هستند. به طور مثال، در پژوهشی بر روی موش‌های صحرایی نر ویستار، هشت هفته تمرین استقامتی تداومی و تناوبی منجر به بهبود برخی شاخص‌های مولکولی و کاهش بیان ژن‌هایی مانند گالکتین-۳ یا عوامل رونویسی خانواده FoxO در بافت قلب شد که با کاهش روند فیبروز و بهبود سازگاری‌های قلبی–عروقی همراه بود. این یافته‌ها بیانگر آن است که نوع و الگوی تمرین (تداومی در برابر تناوبی) می‌تواند پاسخ‌های مولکولی متفاوتی را در بافت قلب پس از یک استرس شدید مانند انفارکتوس ایجاد کند (۸).

از سوی دیگر، استفاده از ترکیبات گیاهی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی، به عنوان رویکرد مکمل برای کاهش استرس اکسیداتیو و محافظت از عضله قلب مورد توجه قرار گرفته است (۹). زنجبیل[2] یکی از گیاهان دارویی پرمصرف است که حاوی ترکیبات فعالی مانند جینجرول‌ها و شوگاول‌ها بوده و اثرات ضد التهابی، کاهنده چربی خون و آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی دارد (۱۰). گزارش شده است که زنجبیل با جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، از غشای سلولی در برابر آسیب اکسیداتیو محافظت می‌کند و می‌تواند در پیشگیری و کنترل بیماری‌های قلبی–عروقی مؤثر باشد (۱۱). همچنین برخی پژوهش‌ها به اثرات تعدیلی زنجبیل بر شاخص‌های متابولیک و هورمونی در مدل‌های حیوانی و انسانی، از جمله کاهش چربی خون، تعدیل گلوکز و بهبود برخی شاخص‌های التهابی اشاره کرده‌اند (۱۲).

در سال‌های اخیر، توجه به اثرات توأم فعالیت بدنی و مکمل‌دهی گیاهی بر سازگاری‌های قلبی–عروقی و استرس اکسیداتیو افزایش یافته است (۱۵-۱۳). مطالعاتی که تمرین هوازی را همراه با مصرف عصاره زنجبیل بررسی کرده‌اند، نشان داده‌اند که ترکیب این مداخلات می‌تواند در برخی شرایط نسبت به هر یک از آن‌ها به تنهایی، اثرات مطلوب‌تری بر شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی، التهاب و ساختار بافتی ایجاد کند (۱۸-۱۶). برای مثال، گزارش شده است که تمرین تداومی و تناوبی همراه با یک آنتی‌اکسیدان گیاهی، بیان برخی ژن‌های مرتبط با استرس اکسیداتیو و آپوپتوز را در بافت قلب و عروق تغییر داده و به بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی منجر می‌شود. با این حال، علی‌رغم شواهد نسبی در حوزه ترکیب تمرین و مکمل‌های گیاهی، اطلاعات موجود در مورد اثر هم‌زمان تمرینات هوازی (تداومی و تناوبی) همراه با مصرف زنجبیل بر بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت قلب، به‌ویژه در مدل آنفارکتوس میوکارد، محدود است و به طور مستقیم مقایسه نشده است (۱۶).

با توجه به نقش محوری استرس اکسیداتیو در پیشرفت آسیب میوکارد پس از انفارکتوس و اهمیت ژن‌های آنتی‌اکسیدانی در حفظ هموستاز اکسیداسیون–احیا در عضله قلب، شناخت راهبردهایی که بتوانند بیان این ژن‌ها را تعدیل کنند، از منظر پیشگیری و توان‌بخشی قلبی اهمیت زیادی دارد. بنابراین هدف تحقیق حاضر مقایسه اثر هشت هفته تمرینات هوازی (تداومی و تناوبی) همراه با مصرف زنجبیل بر بیان ژن های آنتی اکسیدانی در بافت قلب موش های صحرایی دارای MI است.

روش‌شناسی

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های تجربی بود که با استفاده از مدل حیوانی انجام گرفت. تمام مراحل مربوط به کار با حیوانات با توجه به دستورالعمل اخلاقی و مجوز معاونت

[1] Myocardial Infarction
[2] Zingiber officinale

پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت با کد اخلاق IR.IAU.M.REC.1404.601 انجام گرفت.

تعداد ۴۸ رأس موش صحرایی نژاد ویستار از انستیتو پاستور ایران تهیه و به حیوانخانه دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه منتقل شدند. حیوانات در شرایط استاندارد با دمای محیطی ۲۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵۰ درصد و چرخه روشنایی–تاریکی ۱۲ ساعته نگهداری شده و دوره سازگاری ۷ روزه را طی کردند. آن‌ها به صورت تصادفی به شش گروه تقسیم شدند: گروه تمرین تناوبی، گروه تمرین تداومی، گروه مکمل، گروه تمرین تناوبی + مکمل، گروه تمرین تداومی + مکمل و گروه کنترل.

برای القای MI از تزریق زیرجلدی ایزوپرنالین به مقدار ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن بدن که در محلول نرمال سالین حل شده است، استفاده گردید. این تزریق به صورت دو بار پیاپی با فاصله ۲۴ ساعته انجام گردید و در نمونه‌های حیوانی، به ویژه موش‌های صحرایی، یکی از روش‌های رایج برای ایجاد سکته قلبی محسوب می‌شود (۱۹). برای تأیید سکته، ثبت نوار قلب با اتصال الکترودها به دست راست، دست چپ و پای چپ موش انجام شد.

برای آشنایی گروه‌های تمرینی با فعالیت ورزشی و دستگاه نوارگردان، موش‌ها سه جلسه در سه روز پیاپی و با سرعت ۲۰ متر بر دقیقه به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه (تقریباً معادل ۵۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) تمرین کردند (۲۰).

پروتکل تمرینی: در گروه‌های تمرین تناوبی، ابتدا دویدن با سرعت ۱۰ متر بر دقیقه آغاز شد و به تدریج سرعت دستگاه هر یک دقیقه یک متر بر دقیقه افزایش یافت تا زمانی که موش‌ها دیگر قادر به دویدن نبودند (۲۱). پس از تعیین سرعت برای هر گروه، تمرینات تناوبی به مدت ۸ هفته ادامه یافت، سه جلسه در هفته با شدت ۸۰ تا ۸۵ درصد حداکثر سرعت به مدت ۲ دقیقه و فواصل استراحت فعال یک دقیقه. تعداد دوره‌های تمرینی در هفته اول از ۶ دوره به ۱۲ دوره در هفته هشتم افزایش یافت. گروه‌های تمرین تداومی نیز به مدت ۸ هفته، سه جلسه در هفته، با شدت ۵۰ تا ۵۵ درصد حداکثر توان دویدن به تمرین پرداختند. تمرینات تداومی به گونه‌ای طراحی شد که مدت زمان تمرین در هفته اول ۲۵ دقیقه بود و در هفته آخر به ۵۰ دقیقه رسید. حجم کل فعالیت ورزشی (شدت، مدت و تکرار) بین دو گروه تمرین تداومی و تمرین تناوبی همسان بود (۲۲).

مکمل دهی زنجبیل: برای تهیه عصاره زنجبیل، یک کیلوگرم ریزوم گیاه از بازار تهیه، و بعد از شست‌وشو، مقدار مشخصی از آن را پوست گرفته و به تکه‌های نازک بریده و به مدت یک روز در دمای محیطی مناسب بدون نور قرار داده و پس از خشک شدن به شکل پودر درآمد. سپس به وسیله حلال اتانول ۹۶ درصد به مدت ۶ ساعت سوکسله شد. بعد از قرار گرفتن در روتاری با ۵۰ دور در زمان ۴۵ تا۵۰ دقیقه و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد از آن عصاره عسلی و تیره رنگ اتانولی زنجبیل به دست آمد. محلول در یک ظرف آلومینیومی جمع‌آوری و برای تبخیر حلال عصاره به مدت ۲۴ ساعت در دستگاه دسیکاتور با پمپ خلاء قرار داده شد. پودر حاصله جهت جلوگیری از آلودگی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. سپس با حل کردن ۲۰ گرم پودر در ۱۰۰ cc نرمال سالین غلظت ۲۰ درصد محلول به دست آمد که هر روز به صورت داخل صفاقی به موش‌های گروه مکمل، گروه تمرین تناوبی + مکمل، گروه تمرین تداومی + مکمل گروه مکمل تزریق شد (۲۳).

۲۴ ساعت پس از آخرین جلسه تمرین و ریکاوری پس از آن، موش‌ها با استفاده از تزریق درون صفاقی کتامین (۹۰mg/kg) و زایلازین (۱۰ mg/kg) بیهوش شدند. بافت‌های قلب تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از تیمار تجربی، هموژنه‌های بافت‌های قلب به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. از محلول سوپرناتانت برای سنجش سطح مالون دی‌آلدئید (MDA) و فعالیت‌های گلوتاتیون پراکسیداز (GPX)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، طبق دستورالعمل سازنده، روی دستگاه میکروپلیت ریدر در طول موج‌های ۵۶۰ و ۵۳۲ نانومتر استفاده شد (۲۴).

فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) با کیت رندوکس (uk-rendox) اندازه‌گیری شد. میزان فعالیت GPX با اندازه‌گیری کاهش رنگ در طول موج ۳۴۰ نانومتر در بازه زمانی ۲ دقیقه ثبت شد و بر اساس واحد بین‌المللی IU/mg پروتئین گزارش گردید.

برای سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از روش مهار احیای نیتروبلوتترازولیوم توسط سیستم گزانتین–گزانتین اکسیداز استفاده شد که منجر به تولید رادیکال سوپراکسید می‌گردد. جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۵۵۰ نانومتر به مدت ۵ دقیقه و هر ۳۰ ثانیه یک بار اندازه‌گیری شد. درصد مهار احیا توسط آنزیم SOD با استفاده از فرمول موجود در کیت رندوکس تعیین و فعالیت آن بر اساس IU/mg پروتئین گزارش شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) با استفاده از روش Aebi و در ۲۵ درجه سانتیگراد با استفاده از اسپکتوفتومتر

(مدل UV Shimadzu۱۲-۱۲۰-) (بر پا یه تجزیه پراکسید هیدروژن که توسط اســـپکتوفتومتر در nm ۲۴۰ به مدت ۳ دقیقه) اندازه‌گیری شد (۲۵).

اندازه‌گیری غلظت مالون دی‌آلدئید (MDA) به این صورت بود که طی فرآیندی MDA با اسید تیوباربیتوریک (TBA) واکنش داده و رنگ صـــورتی تولید کرد که در طول موج nm ۵۳۲ حداکثر جذب را ایجاد نمود. شـــدت جذب به دســـت آمده در این طول‌موج متناســـب با تشکیل کمپلکس MDA-TBA است (۲۵).

روش‌های آماری

داده‌های تحقیق در دو سطح توصیفی و استنباطی مورد تحلیل قرار گرفتند. برای بررسی طبیعی بودن توزیع داده‌ها در هر یک از اندازه‌گیری‌های انجام شده از آزمون شاپیرو- ویلک استفاده شد. داده‌های تحقیق به کمک روش استنباطی در سطح معنی‌داری کمتر از ۵٪ و با روش آماری تحلیل واریانس یکراهه مورد بررسی قرار گرفتند. آزمون تعقیبی بونفرونی در گروه‌های پژوهش انجام شد. کلیه‌ی بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS23 و Excel2016 انجام گرفت.

یافته‌ها

نتایج جدول ۱ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای سوپراکسیداز دیسموتاز، مالون دی آلدئید ، کاتالاز و گلوتاتیون را نشان می دهد. همچنین نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه جدول ۲ در متغیرهای سوپراکسیداز دیسموتاز، مالون دی آلدئید، کاتالاز و گلوتاتیون تفاوت معنی‌داری بین گروه‌های تحقیق نشان داد.

طبق نتایج جدول ۳ آزمون تعقیبی بونفرونی، مقادیر بیان سوپراکسیداز دیسموتاز در گروه زنجبیل (P = ۰.۶۷۱) در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما در گروه تناوبی، تداومی، تناوبی + زنجبیل و تداومی + زنجبیل افزایش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل مشاهده شد (در هر چهار گروه P = ۰.۰۰۱). همچنین در گروه‌های تداومی (P = ۰.۰۸۸) و تداومی + زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) نسبت به گروه تناوبی تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما افزایش معنی‌داری نسبت به گروه زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و کاهش معنی‌داری نسبت به گروه تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۳) نشان داد. مقادیر بیان سوپراکسیداز دیسموتاز در گروه تداومی نسبت به گروه زنجبیل (P = ۰.۰۱۳) افزایش معنی‌دار؛ اما نسبت به گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۱۷) کاهش معنی‌داری نشان داد. مقادیر بیان سوپراکسیداز دیسموتاز در گروه زنجبیل نسبت به گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین مقادیر بیان سوپراکسیداز دیسموتاز در گروه تناوبی + زنجبیل نسبت به گروه تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۱۸) افزایش معنی‌داری نشان داد.

مقادیر مالون دی آلدئید در گروه‌های تناوبی (P = ۰.۰۰۱)، تداومی (P = ۰.۰۰۱)، زنجبیل (P = ۰.۰۰۳)، تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین مقادیر مالون دی آلدئید گروه تناوبی در مقایسه با گروه گروه تداومی + زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما نسبت به گروه‌های تداومی (P = ۰.۰۲۵) و زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) کاهش معنی‌دار و نسبت به گروه تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) افزایش معنی‌داری نشان داد. مقادیر مالون دی آلدئید گروه تداومی در مقایسه با گروه زنجبیل (P = ۰.۱۱۹) تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما نسبت به گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) افزایش معنی‌داری نشان داد. مقادیر مالون دی آلدئید گروه زنجبیل در مقایسه با گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین مقادیر مالون دی آلدئید گروه تناوبی + زنجبیل نسبت به گروه تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۲۱) کاهش معنی‌داری نشان داد.

مقادیر کاتالاز در گروه‌های تناوبی (P = ۰.۰۰۱)، تداومی (P = ۰.۰۰۱)، تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) نسبت به گروه کنترل افزایش معنی‌داری نشان داد؛ اما در مقایسه با گروه زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) تفاوت معنی‌داری نداشت. مقادیر کاتالاز در گروه تناوبی در مقایسه با گروه‌های تداومی (P = ۰.۲۲۶) و تداومی + زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما مقادیر کاتالاز در گروه تناوبی نسبت به گروه زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) افزایش معنی‌دار و نسبت به گروه تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۲۱) کاهش معنی‌داری نشان داد. مقادیر کاتالاز در گروه تداومی نسبت به گروه زنجبیل (P = ۰.۰۱۰) افزایش معنی‌دار و نسبت به گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۱۳) کاهش معنی‌داری نشان داد. مقادیر کاتالاز در گروه زنجبیل نسبت به گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی

+ زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین مقادیر کاتالاز در گروه تناوبی + زنجبیل نسبت به گروه تداومی + زنجبیل (P = ۰.۳۳۷) تفاوت معنی‌داری نداشت.

مقادیر گلوتاتیون در گروه‌های تداومی (P = ۰۰۷۷) و زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما در گروه‌های تناوبی، تناوبی + زنجبیل و تداومی + زنجبیل افزایش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل مشاهده شد (در هر سه گروه P = ۰.۰۰۱). مقادیر گلوتاتیون در گروه‌های تداومی (P = ۰.۰۷۷)، تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۷۹۵) و تداومی + زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) در مقایسه با گروه تناوبی تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما مقادیر گلوتاتیون در گروه تناوبی نسبت به گروه زنجبیل (P = ۰.۰۰۶) افزایش معنی‌داری نشان داد. مقادیر گلوتاتیون در گروه‌های زنجبیل (P = ۰.۴۰۷) و تداومی + زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) در مقایسه با گروه تداومی تفاوت معنی‌داری نداشت؛ اما مقادیر گلوتاتیون در گروه تداومی نسبت به گروه تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۱۴) کاهش معنی‌داری داشت. مقادیر گلوتاتیون در گروه زنجبیل نسبت به گروه‌های تناوبی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۱) و تداومی + زنجبیل (P = ۰.۰۰۲) کاهش معنی‌داری نشان داد. همچنین مقادیر گلوتاتیون در گروه تناوبی + زنجبیل نسبت به گروه تداومی + زنجبیل (P = ۱.۰۰۰) تفاوت معنی‌داری نداشت.

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای تحقیق

گروه	کنترل	تمرین تناوبی	تمرین تداومی	زنجبیل	تناوبی+زنجبیل	تداومی+زنجبیل
بیان سوپراکسیداز دیسموتاز (u/mg)	۰.۳۸۱±۴.۱۶۲	۰.۵۵۲±۶/۸۵۰	۰.۸۹۲±۵.۹۳۷	۰.۵۶۹±۴.۸۱۲	۰.۶۳۱±۸.۱۲۷	۰.۶۳۰±۷.۰۳۷
بیان مالون دی آلدئید (nmol/g)	۰.۹۶۷±۱۲.۴۶	۰.۶۸۱±۸.۲۱۲	۰.۷۹۵±۹.۶۱۲	۱.۱۴۶±۱۰.۷۷	۰.۵۹۱±۶.۰۸۷	۰.۶۸۹±۷.۵۱۲
بیان کاتالاز (u/mg)	۲.۸۵۰±۳۰.۱۲	۵.۱۸۲±۴۸	۴.۷۷۳±۴۲.۲۵	۴.۲۲۳±۳۳.۸۷	۵.۱۴۷±۵۵.۷۵	۴.۶۲۷±۵۰.۳۷
بیان گلوتاتیون (nmol/g)	۰.۴۰۶±۲.۸۲۵	۰.۹۹۶±۴.۵۲۵	۰.۶۱۱±۳.۹۳۷	۰.۶۲۲±۳.۰۷۵	۰.۷۱۶±۵.۲۷۵	۰.۹۸۵±۴.۶۳۷

جدول ۲. نتایج تحلیل واریانس یک طرفه برای مقایسه معنی‌داری متغیرها

متغیرها		مجموع مربعات	میانگین مربعات	درجه آزادی	F	P
بیان سوپراکسیداز دیسموتاز (u/mg)	بین گروهی	۸۷.۷۷۸	۱۷.۵۵۶	۵	۴۴.۴۸۴	۰.۰۰۱*
	درون گروهی	۱۶.۵۷۵	۰.۳۹۵	۴۲		
بیان مالون دی آلدئید (nmol/g)	بین گروهی	۲۱۴.۰۵۶	۴۲.۸۱۱	۵	۶۱.۵۵۹	۰.۰۰۱*
	درون گروهی	۲۹.۲۰۹	۰.۶۹۵	۴۲		
بیان کاتالاز (u/mg)	بین گروهی	۳۹۲۴.۸۵۴	۷۸۴.۹۷۱	۵	۳۸.۱۳۱	۰.۰۰۱*
	درون گروهی	۸۶۴.۶۲۵	۲۰.۵۸۶	۴۲		
بیان گلوتاتیون (nmol/g)	بین گروهی	۳۶.۲۸۲	۷.۲۵۶	۵	۱۲.۷۸۵	۰.۰۰۱*
	درون گروهی	۲۳.۸۳۸	۰.۵۶۸	۴۲		

* معنی‌داری در سطح p≤ ۰/۰۵

جدول ۳ نتایج آزمون تعقیبی بونفرونی در گروه‌های پژوهش

		سوپراکسیداز دیسموتاز		مالون دی آلدئید		کاتالاز		گلوتاتیون	
		اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P	اختلاف میانگین	P
کنترل	تناوبی	-۲.۶۸۷۵*	۰.۰۰۱	۴.۲۵۰۰*	۰.۰۰۱	-۱۷.۸۷۵۰*	۰.۰۰۱	-۱.۷۰۰*	۰.۰۰۱
	تداومی	-۱.۷۷۵۰*	۰.۰۰۱	۲.۸۵۰۰*	۰.۰۰۱	-۱۲.۱۲۵۰*	۰.۰۰۱	-۱.۱۱۲۵	۰.۰۷۷
	زنجبیل	-۰.۶۵۰۰	۰.۶۷۱	۱.۶۸۷۵*	۰.۰۰۳	۳.۷۵۰۰	۱.۰۰۰	-۰.۲۵۰۰	۱.۰۰۰
	تناوبی+زنجبیل	-۳.۹۶۵۰*	۰.۰۰۱	۶.۳۷۵*	۰.۰۰۱	-۲۵.۶۲۵*	۰.۰۰۱	-۲.۴۵۰۰*	۰.۰۰۱
	تداومی + زنجبیل	-۲.۸۷۵۰*	۰.۰۰۱	۴.۹۵۰۰*	۰.۰۰۱	-۲۰.۲۵۰*	۰.۰۰۱	-۱.۸۱۲۵*	۰.۰۰۱
تناوبی	تداومی	۰.۹۱۲۵	۰.۰۸۸	-۱.۴۰۰۰*	۰.۰۲۵	۵.۷۵۰۰	۰.۲۲۶	۰.۵۸۷۵	۱.۰۰۰
	زنجبیل	۲.۰۳۷۵*	۰.۰۰۱	-۲.۵۶۲۵*	۰.۰۰۱	۱۴.۱۲۵*	۰.۰۰۱	۱.۴۵۰۰*	۰.۰۰۶
	تناوبی+زنجبیل	-۱.۲۷۷۵*	۰.۰۰۳	۲.۱۲۵۰۰*	۰.۰۰۱	-۷.۷۵۰*	۰.۰۲۱	-۰.۷۵۰۰	۰.۷۹۵
	تداومی + زنجبیل	-۰.۱۸۷۵	۱.۰۰۰	۰.۷۰۰۰	۱.۰۰۰	-۲.۳۷۵	۱.۰۰۰	-۰.۱۱۲۵	۱.۰۰۰
تداومی	زنجبیل	۱.۱۲۵۰*	۰.۰۱۳	-۱.۱۶۲۵	۰.۱۱۹	۸.۳۷۵*	۰.۰۱۰	۰.۸۶۲۵	۰.۴۰۷
	تناوبی+زنجبیل	-۲.۱۹۰۰*	۰.۰۰۱	۳.۵۲۵۰*	۰.۰۰۱	-۱۳.۵۰۰*	۰.۰۰۱	-۱.۳۳۷۵*	۰.۰۱۴
	تداومی + زنجبیل	-۱.۱۰۰۰*	۰.۰۱۷	۲.۱۰۰۰*	۰.۰۰۱	-۸.۱۲۵*	۰.۰۱۳	-۰.۷۰۰۰	۱.۰۰۰
زنجبیل	تناوبی+زنجبیل	-۳.۳۱۵۰*	۰.۰۰۱	۴.۶۸۷۵*	۰.۰۰۱	-۲۱.۸۷۵*	۰.۰۰۱	-۲.۲۰۰*	۰.۰۰۱
	تداومی + زنجبیل	-۲.۲۲۵۰*	۰.۰۰۱	۳.۲۶۲۵*	۰.۰۰۱	-۱۶.۵۰۰*	۰.۰۰۱	-۱.۵۶۲۵*	۰.۰۰۲
تناوبی+زنجبیل	تداومی + زنجبیل	۱.۰۹۰۰*	۰.۰۱۸	-۱.۴۲۵۰*	۰.۰۲۱	۵.۳۷۵	۰.۳۳۷	۰.۶۳۷۵	۱.۰۰۰

* معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ ≥p

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد تمرین تناوبی و تمرین تداومی به تنهایی یا به ویژه همراه با مصرف مکمل زنجبیل سبب افزایش معنی‌داری در میانگین بیان سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون و کاهش تولید مالون دی آلدئید در بافت قلب موش های صحرایی دارای MI در مقایسه با گروه‌های کنترل و مصرف مکمل زنجبیل گردید. همچنین اختلاف معنی‌داری در میانگین بیان سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون و مالون دی آلدئید بین گروه تمرین تناوبی + مصرف مکمل زنجبیل با گروه‌های تمرین تناوبی، تمرین تداومی، مکمل زنجبیل و تمرین تداومی + مکمل زنجبیل مشاهده گردید. بر این اساس هم تمرین تناوبی و هم تمرین تداومی به تنهایی، بیان سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز و گلوتاتیون قلبی را در موش‌های مبتلا به انفارکتوس میوکارد نسبت به گروه کنترل غیرورزشکار افزایش و مالون دی آلدئید را کاهش داده‌اند و این سازگاری‌ها هنگامی که تمرین با مکمل زنجبیل ترکیب شد، بیشتر تقویت شدند. این الگو با شواهد گسترده‌ای مطابقت دارد که نشان می‌دهد ورزش هوازی و تناوبی، ظرفیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا را افزایش داده و تحمل میوکارد را در برابر آسیب ایسکمی-ریپرفیوژن بهبود می‌بخشد. به عنوان مثال، مطالعات انجام شده در قلب جوندگان دیابتی یا انفارکتوس شده گزارش می‌دهند که تمرین تناوبی یا استقامتی با شدت بالا، سطح SOD را افزایش داده و نشانگرهای استرس اکسیداتیو مانند مالون دی آلدئید را کاهش می‌دهد و در نتیجه آسیب ساختاری و فیبروز را محدود می‌کند (۲۹-۲۶)

زنجبیل به تنهایی بیان سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون قلبی را در موش‌های مبتلا به MI را به همان اندازه ورزش افزایش و مالون دی آلدئید را کاهش نداد؛ اما ترکیب آن با تمرین، سطح سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون قلبی را به طور قابل توجهی بالاتر برد و مالون دی آلدئید را به خصوص در گروه تمرین تناوبی به همراه زنجبیل در مقایسه با تمرین تناوبی، تمرین تداومی، زنجبیل به تنهایی و تمرین تداومی به همراه زنجبیل کاهش داد. این نتیجه با مطالعاتی که نشان می‌دهند زنجبیل و ترکیبات فعال آن (به عنوان مثال، ۱۰-جینجرول) با کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در بافت قلب، آسیب ایسکمیک میوکارد را کاهش می‌دهند، سازگار است. بررسی‌های زنجبیل به عنوان یک ماده مغذی محافظ قلب، بر توانایی آن در افزایش سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز

و گلوتاتیون و کاهش تولید مالون دی آلدئید و دفاع‌های آنتی‌اکسیدانی مرتبط نیز تأکید می‌کند، که ممکن است سازگاری‌های ناشی از ورزش را تکمیل کند (۲۷و ۳۲-۳۰).

اثر بیشتر تمرین تناوبی به همراه زنجبیل در مقایسه با تمرین تداومی به همراه زنجبیل با داده‌هایی مطابقت دارد که نشان می‌دهد پروتکل‌های تناوبی با شدت بالا اغلب پاسخ‌های محافظتی قلبی و آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری نسبت به تمرین مداوم با شدت متوسط در قلب‌های بیمار یا دچار انفارکتوس ایجاد می‌کنند. از نظر مکانیکی، دوره‌های کوتاه مکرر با شدت بالاتر ممکن است یک چالش اکسیداتیو بزرگتر اما کنترل‌شده ایجاد کند و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون قلبی را قوی‌تر از ورزش مداوم با شدت متوسط افزایش و مالون دی آلدئید را کاهش دهد. این یافته‌ها در کنار هم نشان می‌دهند که الگوی شدت ورزش و وجود یک منبع آنتی‌اکسیدانی برون‌زا (زنجبیل) برای بهینه‌سازی سازگاری ردوکس میوکارد پس از انفارکتوس تعامل دارند (۲۸ و ۲۹؛ ۳۳ و ۳۴)

از دیدگاه نظری، نتایج را می‌توان در چارچوب‌های هورمسیس و سازگاری با استرس اکسیداتیو[1] تفسیر کرد که پیشنهاد می‌کنند چالش‌های اکسیداتیو ناشی از ورزش در سطح متوسط تا متوسط، تنظیم افزایشی سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی درون‌زا را تحریک می‌کنند و در نتیجه، تاب‌آوری در برابر استرس‌های بعدی را افزایش می‌دهند. در این زمینه، تمرینات تناوبی و تداومی به عنوان عوامل استرس‌زای کنترل‌شده‌ای عمل می‌کنند که گونه‌های فعال اکسیژن را افزایش می‌دهند و باعث تنظیم افزایشی سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون و کاهش مالون دی آلدئید در کاردیومیوسیت‌ها می‌شوند، در حالی که زنجبیل پشتیبانی آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی بیشتری را فراهم می‌کند که ممکن است آسیب اکسیداتیو بیش از حد را کاهش داده و سیگنال‌دهی ردوکس را تثبیت کند. پاسخ برتر سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز،گلوتاتیون و مالون دی آلدئید در گروه تمرین تناوبی به همراه زنجبیل، نشان‌دهنده یک تعامل هم‌افزایی است، که در آن سیگنال‌دهی ناشی از تمرینات تناوبی با شدت بالا و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشتق‌شده از زنجبیل، با هم، پنجره هورمتیک را برای محافظت از قلب در MI بهینه می‌کنند (۲۶، ۲۹، ۳۰، ۳۳) .

از نظر بالینی، این یافته‌ها حاکی از آن است که ترکیب تمرینات ورزشی ساختارمند – ترجیحاً شامل فواصل زمانی با شدت بالا – با زنجبیل یا مکمل‌های مشتق از زنجبیل می‌تواند یک استراتژی امیدوارکننده برای افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوکارد و محدود کردن بالقوه بازسازی پس از انفارکتوس باشد و تعمیم به انسان نیاز به ارزیابی دقیق دوز، ایمنی و امکان‌سنجی دارد (۲۸، ۳۰). اگرچه نتایج تحقیق حاضر تأثیر تمرینات تناوبی به همراه زنجبیل را در نمونه‌های حیوانی نشان داد؛ اما جهت روشن‌تر شدن موضوع لازم است مطالعات وسیع‌تری بر روی نمونه‌های انسانی انجام گیرد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی در موش‌های مبتلا به MI، هم تمرینات تناوبی و هم تمرینات تداومی به طور قابل توجهی بیان سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون را در مقایسه با گروه کنترل غیر تمرینی یا فقط زنجبیل افزایش و مالون دی آلدئید قلبی را کاهش دادند که نشان دهنده بهبود دفاع آنتی‌اکسیدانی درون‌زا در قلب انفارکتوس شده است. ترکیب تمرین با مکمل زنجبیل، به ویژه تمرین تناوبی به همراه زنجبیل، بالاترین بیان سوپراکسیداز دیسموتاز، کاتالاز وگلوتاتیون و کمترین بیان مالون دی آلدئید را ایجاد کرد و به طور قابل توجهی با سایر گروه‌ها متفاوت بود که نشان دهنده اثر افزایشی یا سینرژیک ورزش و زنجبیل بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوکارد است. این نتایج با شواهد تجربی قبلی در مورد افزایش تنظیم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ناشی از ورزش و محافظت قلبی با واسطه زنجبیل مطابقت دارد و از مدل‌های نظری هورمسیس و سازگاری ردوکس پشتیبانی می‌کند، که در آن استرس اکسیداتیو کنترل‌شده به همراه آنتی‌اکسیدان‌های برون‌زا، تاب‌آوری قلب را پس از MI افزایش می‌دهند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از تمامی کسانی که در انجام این تحقیق نویسندگان را یاری نموده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان اعلام می کنند که هیچگونه تعارض منافع ندارند.

[1] hormesis and redox adaptation

منابع

1. Lu L, Liu M, Sun R, Zheng Y, Zhang P. Myocardial Infarction: Symptoms and Treatments. Cell Biochem Biophys. 2015 Jul;72(3):865-7. doi: 10.1007/s12013-015-0553-4. PMID: 25638347.
2. Matsuura Y, Moribayashi K, Kaikita K. Optimal Antithrombotic Therapy in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention: A Focused Review on High Bleeding Risk. J Atheroscler Thromb. 2022 Oct 1;29(10):1409-1420. doi: 10.5551/jat.RV17066. Epub 2022 Aug 6. PMID: 35934784; PMCID: PMC9529379.
3. Liang Q, Cai M, Zhang J, Song W, Zhu W, Xi L, Tian Z. Role of Muscle-Specific Histone Methyltransferase (Smyd1) in Exercise-Induced Cardioprotection against Pathological Remodeling after Myocardial Infarction. Int J Mol Sci. 2020 Sep 23;21(19):7010. doi: 10.3390/ijms21197010. PMID: 32977624; PMCID: PMC7582695.
4. Anderson L, Oldridge N, Thompson DR, Zwisler AD, Rees K, Martin N, Taylor RS. Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease: Cochrane Systematic Review and Meta-Analysis. J Am Coll Cardiol. 2016 Jan 5;67(1):1-12. doi: 10.1016/j.jacc.2015.10.044. PMID: 26764059.
5. European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation Committee for Science Guidelines; EACPR; Corrà U, Piepoli MF, Carré F, Heuschmann P, Hoffmann U, Verschuren M, Halcox J; Document Reviewers; Giannuzzi P, Saner H, Wood D, Piepoli MF, Corrà U, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Dendale P, Gaita D, McGee H, Mendes M, Niebauer J, Zwisler AD, Schmid JP. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: physical activity counselling and exercise training: key components of the position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. Eur Heart J. 2010 Aug;31(16):1967-74. doi: 10.1093/eurheartj/ehq236. Epub 2010 Jul 19. PMID: 20643803.
6. Herdy AH, López-Jiménez F, Terzic CP, Milani M, Stein R, Carvalho T, Serra S, Araujo CG, Zeballos PC, Anchique CV, Burdiat G, González K, González G, Fernández R, Santibáñez C, Rodríguez-Escudero JP, Ilarraza-Lomelí H. South American guidelines for cardiovascular disease prevention and rehabilitation. Arq Bras Cardiol. 2014 Aug;103(2 Suppl 1):1-31. English, Portuguese. doi: 10.5935/abc.2014s003. PMID: 25387466.
7. Lawler PR, Filion KB, Eisenberg MJ. Efficacy of exercise-based cardiac rehabilitation post-myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Am Heart J. 2011 Oct;162(4):571-584.e2. doi: 10.1016/j.ahj.2011.07.017. Epub 2011 Sep 3. PMID: 21982647.
8. Kara'i S; Ravasi A; Gholipour M. The Effect of 8 Weeks Continuous Endurance and High Intensity Interval Training on Cardiac Tissue FOXO1 and FOXO3a Expression Levels in Male Rats. Knowl Health Basic Med Sci. 2018;13(2):62-70. doi:10.22100/jkh.v13i2.1892. **[In Persian]**
9. Mucha P, Skoczyńska A, Małecka M, Hikisz P, Budzisz E. Overview of the Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Selected Plant Compounds and Their Metal Ions Complexes. Molecules. 2021 Aug 12;26(16):4886. doi: 10.3390/molecules26164886. PMID: 34443474; PMCID: PMC8398118.
10. Zhang M, Zhao R, Wang D, Wang L, Zhang Q, Wei S, Lu F, Peng W, Wu C. Ginger (Zingiber officinale Rosc.) and its bioactive components are potential resources for health beneficial agents. Phytother Res. 2021 Feb;35(2):711-742. doi: 10.1002/ptr.6858. Epub 2020 Sep 20. PMID: 32954562.
11. Roudsari NM, Lashgari NA, Momtaz S, Roufogalis B, Abdolghaffari AH, Sahebkar A. Ginger: A complementary approach for management of cardiovascular diseases. Biofactors. 2021 Nov;47(6):933-951. doi: 10.1002/biof.1777. Epub 2021 Aug 13. PMID: 34388275.
12. Salaramoli S, Mehri S, Yarmohammadi F, Hashemy SI, Hosseinzadeh H. The effects of ginger and its constituents in the prevention of metabolic syndrome: A review. Iran J Basic Med Sci. 2022 Jun;25(6):664-674. doi: 10.22038/IJBMS.2022.59627.13231. PMID: 35949312; PMCID: PMC9320212.

13. Valaei K, Taherkhani S, Arazi H, Suzuki K. Cardiac Oxidative Stress and the Therapeutic Approaches to the Intake of Antioxidant Supplements and Physical Activity. Nutrients. 2021 Sep 30;13(10):3483. doi: 10.3390/nu13103483. PMID: 34684484; PMCID: PMC8540093.
14. Taherkhani S, Valaei K, Arazi H, Suzuki K. An Overview of Physical Exercise and Antioxidant Supplementation Influences on Skeletal Muscle Oxidative Stress. Antioxidants (Basel). 2021 Sep 27;10(10):1528. doi: 10.3390/antiox10101528. PMID: 34679663; PMCID: PMC8532825.
15. Ahmadi F. Effect of Eight Weeks of Resistance Training with Spirulina Supplementation on Cardiac Troponin T, Brain Natriuretic Peptide, and Creatine Kinase in the Myocardium. JNFH. 2025;13(2):100-108. doi: 10.22038/jnfh.2024.83418.1540.
16. Omomi M; Taghian F; Sharifi G. The effect of six weeks of aerobic exercise training alone and along with consumption of ginger extract encapsulated in chitosan nanoparticles on changes in heart tissue morphology and expression level of mitogen-activated protein kinase (MAPK) gene in rats with myocardial infarction: An experimental study. Studies in Medical Sciences 2021; 32 (1) :1-13. URL: http://umj.umsu.ac.ir/article-1-5318-en.html. **[In Persian]**
17. Farhadi M, Homaee H M, Farzanegi Arkhazlou P. The Effect of Aerobic Training and Ginger Extract on Lipid Profiles, Body Composition and Liver Enzymes in Obese Menopausal Women. IJDO 2020; 12 (3) :156-163.URL: http://ijdo.ssu.ac.ir/article-1-577-en.html.doi: 10.18502/ijdo.v12i3.4458.
18. Fallahzadeh V, Taghian F, Jalali Dehkordi K. Exploring the effects of aerobic exercise combined with chitosan nanoparticle-encapsulated ginger on miRNA-214 and SERCA2a in isoproterenol-induced myocardial infarction in rats. Jorjani Biomed J 2023; 11 (3) :1-5. URL: http://goums.ac.ir/j orjanijournal /article-1-984-en.html.doi: 10.61186/jorjanibiomedj.11.3.1.
19. Duran JM, Makarewich CA, Sharp TE, Starosta T, Zhu F, Hoffman NE, Chiba Y, Madesh M, Berretta RM, Kubo H, Houser SR. Bone-derived stem cells repair the heart after myocardial infarction through transdifferentiation and paracrine signaling mechanisms. Circ Res. 2013 Aug 16;113(5):539-52. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.113.301202. Epub 2013 Jun 25. Erratum in: Circ Res. 2021 Jan 8;128(1):e24. doi: 10.1161/RES.0000000000000451. PMID: 23801066; PMCID: PMC3822430.
20. Usefpor M, Ghasemnian A A, Rahmani A. The Effect of a period of high intensive interval training on total antioxidant capacity and level of liver tissue malondialdehyde in male Wistar rats. SJKU 2017; 22 (5) :103-110.URL: http://sjku.muk.ac.ir/article-1-3564-en.html.doi: 10.22102/22.5.103. **[In Persian]**
21. Khalafi M, Shabkhiz F, Azali Alamdari K, Bakhtiyari A. Irisin Response to Two Types of Exercise Training in Type 2 Diabetic Male Rats. J Arak Uni Med Sci 2016; 19 (6) :37-45 URL: http://jams.arakmu.ac.ir/article-1-4242-en.html. **[In Persian]**
22. Razavi S H, Hosseini S A, Nikbakht M. The effect of continued and interval training with crocin consumption on BDNF and NGF gene expression in heart tissue of diabetic rats. Feyz Med Sci J 2019; 23 (1) :10-19.URL: http://feyz.kaums.ac.ir/article-1-3763-en.html. **[In Persian]**
23. Vanaky B, Shakeri N, Nikbakht H A, Farzanegi P. The effect of 6 weeks swimming and consumption of Zingiber officinale Roscoe extract on some inflammatory and anti-inflammatory factors in heart tissue of mice induced by breast cancer. J. Med. Plants 2018; 17 (68) :32-40. URL: http://jmp.ir/article-1-1771-en.html.doi: 20.1001.1.2717204.2018.17.68.5.7. **[In Persian]**
24. Yu Y, Jin L, Zhuang Y, Hu Y, Cang J, Guo K. Cardioprotective effect of rosuvastatin against isoproterenol-induced myocardial infarction injury in rats. Int J Mol Med. 2018 Jun;41(6):3509-3516. doi: 10.3892/ijmm.2018.3572. Epub 2018 Mar 15. PMID: 29568858.
25. Afrundeh R, Khajehlandi M, Mohammadi R. Comparison of the effect of 6 weeks aerobic training on the activity of catalase enzyme and malondialdehyde in heart tissue of healthy and streptozotocin-diabetic male Wistar rats (intervention: experimental). Studies in Medical Sciences. 2019;30(5):337-346. **[In Persian]**
26. Souza-Rabbo MP, Araújo A Sr, Fernandes TR, Oliveira AR, Belló-Klein A, Kaur K, Singal PK. Influence of exercise training frequency on cardiac and hepatic oxidative stress in rats. Exp Clin Cardiol. 2003 Winter;8(4):201-5. PMID: 19649221; PMCID: PMC2719154.

27. Rami M, Rahdar S, Ahmadi Hekmatikar A and Awang Daud DM .Highlighting the novel effects of high-intensity interval training on some histopathological and molecular indices in the heart of type 2 diabetic rats. Front. Endocrinol. 2023;14:1175585. doi: 10.3389/fendo.2023.1175585.
28. Nori P, Haghshenas R, Aftabi Y, Akbari H. Comparison of moderate-intensity continuous training and high-intensity interval training effects on the Ido1-KYN-Ahr axis in the heart tissue of rats with occlusion of the left anterior descending artery. Scientific Reports. 2023 Mar 6;13(1):3721. Doi: 10.1038/s41598-023-30847-x.
29. Ojaghi A, Jourkesh M, Ojaghi M, Mirheidar L, Neshati A. The effect of eight-week resistance training on oxidative stress in isoproterenol-induced myocardial infarction in rats. Archives of Medical Sciences. Atherosclerotic Diseases. 2024 Sep 28;9:e177. Doi: 10.5114/amsad/188093.
30. Mohammadabadi T, Ayad AE, Maheshwari A, BenAyad A. Ginger: A Nutraceutical Supplement for Protection Against Various Cardiovascular Diseases in Clinical Trials. Cureus. 2025 Mar 19;17(3). doi:10.7759/cureus.80841.
31. Han X, Qi J, Yang Y, Zheng B, Liu M, Liu Y, Li L, Guan S, Jia Q, Chu L. Protective mechanisms of 10-gingerol against myocardial ischemia may involve activation of JAK2/STAT3 pathway and regulation of Ca^{2+} homeostasis. Biomed Pharmacother. 2022 Jul;151:113082. doi: 10.1016/j.biopha.2022.113082. Epub 2022 May 12. PMID: 35569350.
32. Hassanien MA. Ameliorating Effects of Ginger on Isoproterenol-Induced Acute Myocardial Infarction in Rats and its Impact on Cardiac Nitric Oxide. J Microsc Ultrastruct. 2020 May 8;8(3):96-103. doi: 10.4103/JMAU.JMAU_70_19. PMID: 33282684; PMCID: PMC7703011.
33. Sabouri A, Gaeini A, Adeli S, Ghardashi Afousi A. High-intensity interval training attenuates cardiac injury by targeting ferroptosis and endoplasmic reticulum-stress in male rats with heart failure. Physiol Rep. 2025 Sep;13(18):e70580. doi: 10.14814/phy2.70580. PMID: 40999314; PMCID: PMC12463575.
34. ShangGuan Y, Huang K, Zhu Z, Yuan Y, Song Y, Wang H, Chen L, Yu S, Zheng G and Liang Q (2025) Effects of low-intensity blood flow restriction training on myocardial injury indices, antioxidant and anti-apoptotic capacity in rats. Front. Physiol. 16:1508305. doi: 10.3389/fphys.2025.1508305.